

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2004012899  
 PUBLICATION DATE : 15-01-04

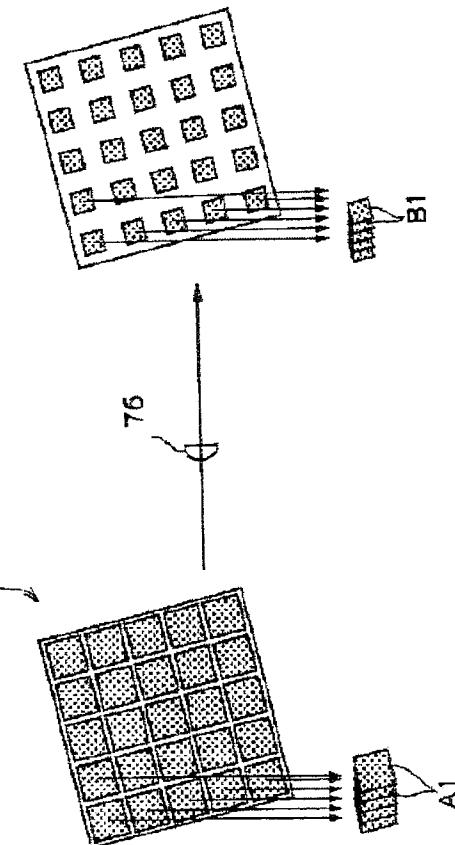
APPLICATION DATE : 07-06-02  
 APPLICATION NUMBER : 2002167406

APPLICANT : FUJI PHOTO FILM CO LTD;

INVENTOR : FUJII TAKESHI;

INT.CL. : G03F 7/20 G02B 27/18 H01L 21/027

TITLE : ALIGNER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain required resolution and prescribed scanning velocity (exposure velocity) in a main scanning direction and a subscanning direction and further to obtain a compensation function of illumination unevenness and pixel defect.

SOLUTION: A DMD (digital micromirror device) 50 having  $m$  pixels in the main scanning direction is inclined by  $1/m$  to the main scanning direction of an exposure head. When a required dot pitch in the subscanning direction is  $r$  and a pitch of scanning lines is  $R$ , multiple exposure frequency  $N$  is made to be  $N=(R/r) \times m$ . For example, when spatial light modulation element equipped with pixel number of 100 lines  $\times$  200 columns is inclined by  $1/m=1/100$ , 400 pixels are substantially subjected to simultaneous exposure. That is, a resolution in the subscanning direction (addressability) becomes twice. When the pitch  $R$  of the scanning line is  $10\mu\text{m}$  and the dot pitch  $r$  in the subscanning direction is  $5\mu\text{m}$ ,  $N=(R/r) \times m=(10/5) \times 100=50$  and multiple exposure will be carried out 50 times. Further in order to set dot pitch in the main scanning direction (resolution) to  $5\mu\text{m}$  similarly, exposure may be performed at every  $5\mu\text{m}$  relative movement of an exposure head to an exposure surface.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-12899

(P2004-12899A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int. Cl. 7  
**G03F 7/20**  
**G02B 27/18**  
**H01L 21/027**

F 1  
**G03F 7/20** 501  
**G02B 27/18** A  
**H01L 21/30** 529

テーマコード (参考)  
2 H 097  
5 F 046

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-167406 (P2002-167406)  
(22) 出願日 平成14年6月7日 (2002.6.7)

(71) 出願人 000005201  
富士写真フィルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地  
(74) 代理人 100079049  
弁理士 中島 淳  
(74) 代理人 100084995  
弁理士 加藤 和詳  
(74) 代理人 100085279  
弁理士 西元 勝一  
(74) 代理人 100099025  
弁理士 福田 浩志  
(72) 発明者 砂川 寛  
神奈川県足柄上郡開成町官台798番地  
富士写真フィルム株式会社内

最終頁に続く

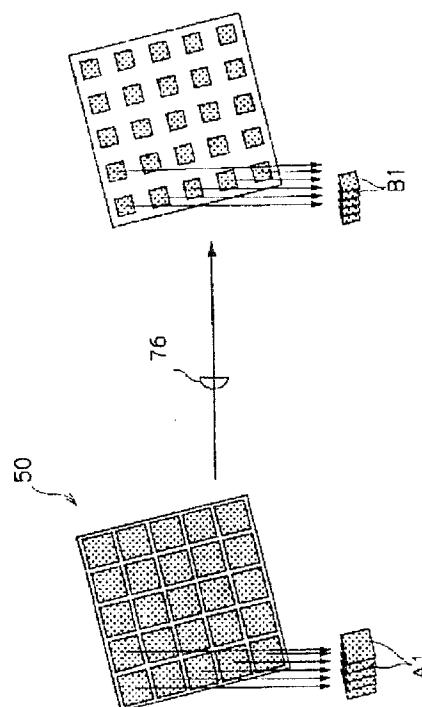
(54) 【発明の名称】露光装置

## (57) 【要約】

【課題】主・副走査方向に必要な分解能と所定の走査速度(露光速度)を得ると共に、照明ムラ、画素欠陥の補正機能を得ることを課題とする。

【解決手段】主走査方向の画素数がmのDMD 50を、露光ヘッドの主走査方向へ $1/m$ 傾ける。副走査方向の必要なドットピッチ $r$ であるとき、走査線のピッチがRであれば、多重露光回数Nを、 $N = (R/r) \times m$ とする。例えば、100行×200列の画素数を備えた空間光変調素子を $1/m = 1/100$ 傾けると、400の画素を実質同時に露光することになる。すなわち、副走査方向の分解能(Addressability)は2倍となっている。走査線のピッチRが $10 \mu\text{m}$ 、副走査方向のドットピッチ $r$ を $5 \mu\text{m}$ とすると、 $(10/5) \times 100 = 50$ となり、50回多重露光することになる。また、主走査方向のドットピッチ(分解能)を同じく $5 \mu\text{m}$ とするには、露光ヘッドと露光面が $5 \mu\text{m}$ 相対移動する毎に露光すればよい。

【選択図】 図10



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

露光面に対して相対的に走査する露光ヘッドと、  
前記露光ヘッドに設けられ、走査方向にm行、走査方向と直交する方向にn列の画素が配列され、光源から照射された光を制御信号に応じて変調する空間光変調素子と、  
各画素で変調された光を露光面上に結像させる光学系と、を備えた露光装置において、  
前記空間光変調素子の画素の行を、露光ヘッド又は露光面の走査方向に対して傾けて、走査方向にN回多重露光し、走査線の間に $m/N-1$ のドットを形成することを特徴とする露光装置。

## 【請求項2】

前記空間光変調素子の画素の行の露光ヘッド又は露光面の走査方向に対する傾斜角 $\theta$ ( $\theta ad$ )が $1/m$ 、前記露光面上で走査方向と直交する方向の必要なドットピッチが $r$ であるとき、走査線のピッチがRであれば、多重露光回数Nを、 $N = (R/r) \times m$ としたことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

## 【請求項3】

前記露光ヘッドの走査速度と前記空間光変調素子の行の画素数から1画素必要変調時間を求め、使用する空間光変調素子の1画素変調時間から、前記空間光変調素子の行の使用する使用画素数を決定することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の露光装置。

## 【請求項4】

前記光学系で走査線のピッチを拡大又は縮小し、走査方向と直交する方向の露光幅と多重露光回数Nを決定することを特徴とする請求項1～請求項8の何れかに記載の露光装置。

## 【請求項5】

前記各画素の像位置にマイクロレンズアレイを配置して像を縮小し、縮小像を前記光学系で露光面上に結像することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

## 【請求項6】

前記空間光変調素子の行の何れかの画素の前記多重露光回数NをN以下として露光量、露光位置を調整することを特徴とする請求項1～請求項5の何れかに記載の露光装置。

## 【請求項7】

前記マイクロレンズアレイの露光面側へアパーチャーを配置したことを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、露光装置に関し、特に、画像データに応じて空間光変調素子で変調した光で感光材料(露光面)を露光する露光装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)等の空間光変調素子を利用して、画像データに応じて変調された光ビームで画像露光を行う露光ヘッドが種々提案されている。

## 【0003】

例えば、DMDは、制御信号に応じて反射面の角度が変化する多数のマイクロミラーが、シリコン等の半導体基板上に2次元状に配列されたミラーデバイスであり、このDMDを用いた露光ヘッドは、図15に示すように、レーザ光を照射する光源1、光源1から照射されたレーザ光をコリメートするレンズ系2、レンズ系2の略焦点位置に配置されたDMD3、DMD3で反射されたレーザ光を露光面5上に結像するレンズ系4、6から構成されている。

## 【0004】

この露光ヘッド7は、所定の走査速度で主走査方向へ走査しながら、画像データ等に応じ

10

20

30

40

御してレーザ光を変調し、変調されたレーザ光で画像露光を行っている。

【0005】

ところで、図16に示す模式図のように、例えば、主走査方向に4行、副走査方向に6列のマイクロミラー8が格子状に配列されたDMD9を考えた場合、副走査方向の走査線ピッチが20μmのとき、図17に示すように、DMD9を露光ヘッドの主走査方向へ傾ければ、走査線ピッチが5μm(20μm/4)となり、露光面上での副走査方向の分解能(Addressability)を上げることができる(特表2001-521672、WO02/12961、US6288830B1を参照)。

【0006】

ここで、一般に使用されているDMDは、1024行×768列の画素数があり、DMDを傾けると副走査方向の分解能は768倍も増加することになる。一方、主走査方向の分解能は露光タイミングで決まるが、副走査方向の分解能を768倍も上げると、露光ヘッドの主走査速度を維持するためには、1画素に相当するマイクロミラーでレーザ光を変調する時間(変調時間)を1/768に短縮しなければならない。

【0007】

しかし、DMDの変調時間には限界があるため、副走査方向の分解能が必要以上に細かくなり、主走査方向と副走査方向の分解能が大きく異なってくる。

【0008】

また、特願平2000-069975号公報では、DMDを主走査方向へ傾けずに、多重露光して主走査方向と副走査方向の分解能をほぼ均等にする方法が示されているが、副走査方向の分解能を改善できておりず、縮小露光するにしても、DMDの変調速度に限界があるため主走査速度を遅くしている。

【0009】

一方、DMDを主走査方向へ傾けた何れの従来技術も、照明ムラ、画素欠陥の補正機能を備えていない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記事実を考慮して、主・副走査方向に必要な分解能と所定の走査速度(露光速度)を得ると共に、照明ムラ、画素欠陥の補正機能を得ることを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、露光面に対して相対的に走査する露光ヘッドと、前記露光ヘッドに設けられ、走査方向にm行、走査方向と直交する方向にn列の画素が配列され、光源から照射された光を制御信号に応じて変調する空間光変調素子と、各画素で変調された光を露光面上に結像させる光学系と、を備えた露光装置において、前記空間光変調素子の画素の行を、露光ヘッド又は露光面の走査方向に対して傾けて、走査方向にN回多重露光し、走査線の間にm/N-1のドットを形成することを特徴としている。

【0012】

請求項1に記載の発明は、露光ヘッド又は露光面を移動させ、露光ヘッドと露光面を走査方向へ相対移動させることで、露光面を走査露光する。露光ヘッドには、空間光変調素子が設けられており、走査方向にm行、走査方向と直交する方向にn列、配列された画素が、光源から照射された光を制御信号に応じて変調する。各画素で変調された光は光学系により、露光面上に結像され、露光面を露光して行く。

【0018】

また、空間光変調素子の画素の行は、露光ヘッドの走査方向に対して所定角度傾けられており、走査方向にN回多重露光することで、走査線の間にm/N-1のドットを形成することができます。このように、走査方向の多重露光回数を調整することで、ドットピッチを変え、走査方向と直交する方向及び走査方向の分解能(Addressability)を上げることができます。

10

20

30

40

50

請求項2に記載の発明は、前記空間光変調素子の画素の行の露光ヘッド又は露光面の走査方向に対する傾斜角 $\theta$  ( $\theta_{ad}$ ) が $1/m$ 、前記露光面上で走査方向と直交する方向の必要なドットピッチが $\lambda$ であるとき、走査線のピッチが $R$ であれば、多重露光回数 $N$ を、 $N = (R/\lambda) \times m$ としたことを特徴としている。

## 【0015】

請求項2に記載の発明では、空間光変調素子の傾斜角、多重露光回数 $N$ 、走査方向と直交する方向の必要なドットピッチ、走査線のピッチ $R$ の関係を示している。

## 【0016】

例えば、100行×200列の画素数を備えた空間光変調素子を $1/m = 1/100$ 傾け、走査線の間（副走査のラスター隙間）を400の画素で実質同時露光する場合を考える。このとき、走査方向と直交する方向の分解能（Addressability）は傾けない場合に比べ2倍となる。

## 【0017】

そのためには、走査線のピッチ $R$ が $10\mu m$ 、必要な露光面上での走査方向と直交する方向のドットピッチ $\lambda$ を $5\mu m$ とすると、 $(10/5) \times 100 = 50$ となり、50回多重露光すればよい。また、走査方向のドットピッチ（分解能）を同じく $5\mu m$ とするには、露光ヘッドと露光面が $5\mu m$ 相対移動する毎に露光すればよい。

## 【0018】

請求項3に記載の発明は、前記露光ヘッドの走査速度と前記空間光変調素子の行の画素数から1画素必要変調時間を求め、使用する空間光変調素子の1画素変調時間から、前記空間光変調素子の行の使用する使用画素数を決定することを特徴としている。

## 【0019】

請求項3に記載の発明では、空間光変調素子の変調時間に着目した発明であり、露光ヘッドの走査速度を落とすことなく、空間光変調素子の行の画素から使用する画素使用数を減らすことで、空間光変調素子の変調時間を短くしている。すなわち、制御する画素の個数を減らし、制御信号の転送速度が全画素の制御信号を転送する場合より短くする。これによって、変調時間を短くして光の変調速度を速くすることで、高速露光が可能になる。

## 【0020】

たとえば、空間光変調素子の1画素必要変調時間が $75.0\mu sec$ 、使用する空間光変調素子の1画素変調時間が $100\mu sec$ のとき、使用画素数を $m \times (75/100)$ とすることで、1画素必要変調時間を $75.0\mu sec$ とすることができます。これにより、変調速度の遅い空間光変調素子でも用いることができる。

## 【0021】

請求項4に記載の発明は、前記光学系で走査線のピッチを拡大又は縮小し、走査方向と直交する方向の露光幅と多重露光回数 $N$ を決定することを特徴としている。

## 【0022】

請求項4に記載の発明では、光学系で走査線のピッチ（露光面上での画素スポットのピッチ）を拡大し、走査方向と直交する方向の露光幅を調整している。このため、空間光変調素子を備えた1つの露光ヘッドで露光できる幅が広くなるので、露光ヘッドの数を減らすことができる。逆に、光学系で露光面上での画素スポットのピッチを縮小すると、走査方向と直交する方向の分解能が上がる。

## 【0023】

しかし、拡大した場合、多重露光回数が減少して走査方向と直交する方向の分解能が不足するという不都合も生じ、また、縮小した場合、露光ヘッドの数が増えるという不都合も生じるので、必要とされる分解能に応じて拡大・縮小率を決めることが望ましい。

## 【0024】

請求項5に記載の発明は、前記各画素の像位置にマイクロレンズアレイを配置して像を縮小し、縮小像を前記光学系で露光面上に結像させることを特徴としている。

## 【0025】

10

20

20

30

40

チ)を拡大した場合、スポットサイズが大きくなってしまうので、マイクロレンズアレイでスポットサイズを縮小することで、解像度の劣化を防ぎ、高品質画像を実現している。

【0026】

さらに、各画素の像位置にマイクロレンズを配置することで、全光束がマイクロレンズへ入るため、光利用効率が低下しない。

【0027】

請求項6に記載の発明は、前記空間光変調素子の行の何れかの画素の前記多重露光回数NをN以下として露光量、露光位置を調整することを特徴としている。

【0028】

請求項6に記載の発明では、必ずしもN回多重露光するのではなく、露光を停止する画素を設け、1ドットを形成する露光量・露光位置を調整することで、照明ムラや欠陥画素を補正することができます。

【0029】

請求項7に記載の発明は、前記マイクロレンズアレイの露光面側へアバーチャーを配置したことを特徴としている。

【0030】

請求項7に記載の発明では、マイクロレンズアレイの露光面側へアバーチャーを配置することで、迷光を防止し、ゴーストの発生を防止している。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【露光装置の構成】

本発明の実施の形態に係る露光装置120は、図1に示すように、シート状の感光材料150を表面に吸着して保持する平板状のステージ152を備えている。4本の脚部154に支持された厚い板状の設置台156の上面には、ステージ移動方向に沿って延びた2本のガイド158が設置されている。ステージ152は、その長手方向がステージ移動方向を向くように配置されると共に、ガイド158によって往復移動可能に支持されている。

【0032】

なお、この露光装置120には、ステージ152をガイド158に沿って駆動するための図示しない駆動装置が設けられている。また、説明の都合上、ステージ移動方向を主走査方向(走査方向)、ステージ移動方向と直交する方向を副走査方向(走査方向と直交する方向)という。

【0033】

設置台156の中央部には、ステージ152の移動経路を跨ぐようコ字状のゲート160が設けられている。コ字状のゲート160の端部の各々は、設置台156の両側面に固定されている。このゲート160を挟んで一方の側にはスキャナ162が設けられ、他方の側には感光材料150の先端及び後端を検知する複数(例えば、2個)の検知センサ164が設けられている。スキャナ162及び検知センサ164はゲート160に各々取り付けられて、ステージ152の移動経路の上方に固定配置されている。なお、スキャナ162及び検知センサ164は、これらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0034】

スキャナ162は、図2及び図3(B)に示すように、m行n列(例えば、3行5列)の略マトリックス状に配列された複数(例えば、14個)の露光ヘッド166を備えている。この例では、感光材料150の幅との関係で、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、m行目のn列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド $166_{m,n}$ と表記する。

【0035】

露光ヘッド166による露光エリア168は、副走査方向を短辺とする矩形状である。従って、ステージ152の移動に伴い、感光材料150には露光ヘッド166毎に帯状の露

10

20

30

40

50

光済み領域 170 が形成される。

【0086】

また、図 8 (A) 及び (B) に示すように、帯状の露光済み領域 170 が副走査方向と直交する方向に隙間無く並ぶように、ライン状に配列された各行の露光ヘッド 166 の各々は、配列方向に所定間隔 (露光エリアの長辺の自然数倍、本実施の形態では 2 倍) ずらして配置されている。このため、1 行目の露光エリア 168<sub>1,1</sub> と露光エリア 168<sub>1,2</sub> の間の露光できない部分は、2 行目の露光エリア 168<sub>2,1</sub> と 3 行目の露光エリア 168<sub>3,1</sub> により露光することができます。

【0087】

露光ヘッド 166<sub>1,1</sub> ~ 166<sub>m,n</sub> 各々は、図 4 及び図 5 に示すように、入射された光ビームを画像データに応じて画素毎に変調する空間光変調素子として、デジタル・マイクロミラー・デバイス (DMD) 50 を備えている。この DMD 50 は、データ処理部とミラー駆動制御部とを備えた図示しないコントローラ 40 に接続されている。このコントローラ 40 のデータ処理部では、入力された画像データに基づいて、各露光ヘッド 166 毎に DMD 50 の制御すべき領域内の各マイクロミラー 62 を駆動制御する制御信号を生成する。

【0088】

また、ミラー駆動制御部では、データ処理部で生成した制御信号に基づいて、露光ヘッド 166 毎に DMD 50 の各マイクロミラー 62 の反射面の角度を制御する。

【0089】

DMD 50 の光入射側には、光ファイバの出射端部 (発光点) が露光エリア 168 の長辺方向と対応する方向に沿って一列に配列されたレーザ出射部を備えたファイバアレイ光源 66、ファイバアレイ光源 66 から出射されたレーザ光を補正して DMD 50 上に集光させるレンズ系 67 が配置されている。

【0040】

レンズ系 67 は、レーザ出射端の配列方向に対しては、レンズの光軸に近い部分は光束を広げ且つ光軸から離れた部分は光束を縮め、且つこの配列方向と直交する方向に対しては光をそのまま通過させる機能を備えており、光量分布が均一となるようにレーザ光を補正する。

【0041】

また、DMD 50 の光反射側には、DMD 50 で反射された DMD 像を拡大する拡大レンズ系 72、74 が配置されている。この拡大レンズ系 72、74 により、DMD 50 の露光面 56 上 (感光材料 150) での画素スポットのサイズが拡大されると共に、画素スポットのピッチが拡大される。

【0042】

さらに、拡大レンズ系 72、74 で DMD 像が形成される位置には、マイクロレンズアレイ 76 が DMD の各画素に対応して配置されている。このマイクロレンズアレイ 76 により、拡大された DMD 像を縮小している。また、マイクロレンズアレイ 76 の後方には、アパーチャーアレイ 78 が配置され、マイクロレンズアレイ 76 の全光束を入れることでゴーストの発生を防止している。

【0043】

さらに、アパーチャーアレイ 78 の後方には、レンズ系 80、82 が配置され、DMD 50 と感光材料 150 の露光面とが共役な関係となるように配置されており、露光面 56 に DMD 50 の像を結像する。

【0044】

DMD 50 は、図 5 に示すように、SRAM セル (メモリセル) 60 上に、微小ミラー (マイクロミラー) 62 が支柱により支持されて配置されたものであり、画素 (ピクセル) を構成する多数の (例えば、768 行 × 1024 列) の微小ミラーを格子状に配列して構成されたミラーデバイスである。各ピクセルには、最上部に支柱に支えられたマイクロミラー 62 が設けられており、マイクロミラー 62 の表面にケアルミニウム等の反射率の高

10

20

30

40

50

い材料が蒸着されている。なお、マイクロミラー62の反射率は90%以上である。また、マイクロミラー62の直下には、ヒンジ及びヨークを含む支柱を介して通常の半導体メモリの製造ラインで製造されるシリコンゲートのCMOSのSRAMセル60が配置されており、全体はモノリシック（一体型）に構成されている。

#### 【0045】

DMD50のSRAMセル60にデジタル信号が書き込まれると、支柱に支えられたマイクロミラー62が、対角線を中心としてDMD50が配置された基板側に対して $\pm\alpha$ 度（例えば $\pm 10$ 度）の範囲で傾けられる。図6(A)は、マイクロミラー62がオン状態である $+\alpha$ 度に傾いた状態を示し、図6(B)は、マイクロミラー62がオフ状態である $-\alpha$ 度に傾いた状態を示す。従って、画像信号に応じて、DMD50の各ピクセルにおけるマイクロミラー62の傾きを制御することによって、DMD50に入射された光はそれぞれのマイクロミラー62の傾き方向へ反射される。

10

#### 【0046】

それぞれのマイクロミラー62のオンオフ制御は、DMD50に接続されたコントローラ40によって行われる。なお、オフ状態のマイクロミラー62により光ビームが反射される方向には、光吸収体（図示せず）が配置されている。

10

#### 【斜め多重露光】

次に、1走査で感光材料150を露光する場合を例に採って、斜め多重露光の利用形態を図7に示す表を参照に説明していく。なお、表に示す露光性能、必要速度、DMD仕様等は一実施例であり、本発明を説明するための数字に過ぎず、これに限定されるものではない。

20

#### 【0047】

露光装置の性能として要求される露光時間（15秒）と露光面の主走査長（500mm）から露光ヘッドの走査速度（必要な線速）を決める。ここでは、 $500/15 = 33.3$  mm/secとなる。

20

#### 【0048】

必要な線速と要求される主・副走査方向のドットピッチ（分解能：Addressability）から画素の必要変調時間（必要な書き換え時間）を決める。すなわち、 $2.5/33.3 = 75.0 \mu\text{sec}$ 。

30

#### 【0049】

ここで、使用するDMDの全画素の変調時間（全画素書き換え時間）が、必要な画素時間と等しいか、短い必要がある。このDMDでは、 $100 \mu\text{sec} > 75.0 \mu\text{sec}$ より長いため、主走査方向の使用画素数を制限して576とし、部分画素書き換え時間を $(576/768) \times 100 \mu\text{sec} = 75 \mu\text{sec}$ とする。

30

#### 【0050】

また、DMDの画素ピッチは $13.7 \mu\text{m}$ であるが、露光面上でのDMDの画素スポットのピッチを要求されるドットピッチ $2.5 \mu\text{m}$ の整数倍の $15.0 \mu\text{m}$ として露光回数を整数とするために、レンズ系72、74及び/又はレンズ系80、82によって、 $15.0/13.7 = 1.095$ 倍に拡大する。従って、 $15.0 \mu\text{m}/2.5 \mu\text{m} = 6$ となり、副走査方向の $15.0 \mu\text{m}$ の間に $6-1=5$ つのドットを形成する。

40

#### 【0051】

また、露光ヘッド166の主走査方向に対して $1/576$ の比率でDMDを傾ける。この傾いた状態において、副走査方向の $15.0 \mu\text{m}$ の間に（主走査線の間に）5つのドットを形成すればよいので、1ドットについて同一の画像データで主走査方向へ $576/6 = 96$ 回多重露光する。

40

#### 【0052】

一方、主走査方向のドットピッチは、露光ヘッド166の線速度（ $33.3 \text{ mm/sec}$ ）と画素書き換え時間（ $75 \mu\text{sec}$ ）から $2.5 \mu\text{m}$ とすることができます、副走査方向のドットピッチと同じとなる。このため、副走査方向と主走査方向のAddressability一致させることが可能になります。

50

## 【0058】

すなわち、露光面が  $2.5 \mu\text{m}$  移動したら、DMDの画素も 1 画素書き換えて、主走査方向へ 1 画素移動して同一の画像データで 96 回多重露光を行う。このように、多重露光することで、露光する画素を調整することができるため、露光量、露光位置の微少量をコントロールすることができ、照明ムラ補正、画素欠陥補正が可能となる。

## 【0054】

ここで、図 7 の表に示した数字と異なるが、図 9 の模式図を参照して斜め多重露光を簡単に説明する。

## 【0055】

例えば、DMD の使用画素数を  $100 \times 1024$ 、DMD の画素スポットのサイズを  $10 \mu\text{m}$ 、傾斜角を主走査方向へ 1 画素分 :  $1/100$  とし、主走査方向には同一の画像データで  $5 \mu\text{m}$  毎、50 回多重露光する。これにより、走査線の間 ( $10 \mu\text{m}$  の間) に 1 ドット追加されることになり、2048 画素を同時露光でき、副走査方向のドットピッチを  $5 \mu\text{m}$  とすることができます。しかし、画素スポットのサイズを  $10 \mu\text{m}$  であるため、多重露光された副走査方向の画素スポットのサイズは  $10 \mu\text{m}$  である。

## 【0056】

改めて、図 7 の表に基づいて説明すると、図 4 に示すレンズ系 72、74 により、露光面上での画素スポットのピッチを  $15.0 \mu\text{m}$  に拡大して、副走査方向の露光幅を調整している。このため、DMD 50 を備えた 1 つの露光ヘッド 166 で露光できる幅が広くなるので、露光ヘッド 166 の数を少なくすることができます。逆に、図 4 に示す光学系で露光面上での画素スポットのピッチを縮小すると、副走査方向の分解能が上がる。

## 【0057】

しかし、拡大した場合、多重露光回数が減少して副走査方向の分解能が不足するという不都合も生じ、また、縮小した場合、露光ヘッドの数が増えるという不都合も生じるので、必要とされる分解能に応じて拡大・縮小率を決めることが望ましい。

## 【0058】

なお、本例では、DMD の副走査幅が  $1.095$  倍に拡大され、 $14.0 \text{ mm}$  から  $15.4 \text{ mm}$  に広がっているため、DMD の数が 35.6 から 32.6 に減少している。極端な例で説明すると、 $480/18.7 = 85$  倍に拡大されると、副走査幅が  $14.0 \text{ mm}$  から  $491.5 \text{ mm}$  に広がるため、DMD の数を 35.6 から 1.0 に減少させることができます。すなわち、多重露光回数が 8 回になるが、1 つの DMD でほぼ露光範囲 ( $500 \text{ mm}$ ) をカバーできるということである。

## 【0059】

また、光学系で拡大した状態では、DMD 50 の画素スポットのサイズが大きくなってしまうので、マイクロレンズアレイ 76 でスポットサイズを  $10 \mu\text{m}$  に縮小することで、解像度の劣化を防いでいる。

## 【0060】

さらに、画素の像 (DMD 像) の位置にマイクロレンズアレイ 76 を配置することで、全光束がマイクロレンズアレイ 76 へ入るため、光利用効率が低下しない。また、マイクロレンズアレイ 76 の露光面側へアパーチャーライ 78 を配置することで、迷光を生じさせることなく、ゴーストの発生を防止している。

## 【0061】

以上のように、DMD を斜めに配置し、拡大縮小光学系を用いることにより、DMD の仕様、DMD の画素ピッチとは独立して露光面上で必要なドットピッチを得ることができます。また、画素毎にマイクロレンズアレイとアパーチャーを配置することで、画素の重なりによる解像度の劣化を防ぐことができます。

## 【0062】

なお、DMD 50 を傾斜させる代わりに、各マイクロミラー列を副走査方向と直交する方向に所定間隔ずらして千鳥状に配置しても、同様の効果を得ることができます。

また、図8の表に示すように、主走査方向と副走査方向の分解能を相違させ、副走査方向のドットピッチ: 5  $\mu\text{m}$ を目標に多重露光回数を決定してもよい。この場合、図7の表と比較すれば判るように、副走査幅が同一であっても多重露光回数が2倍に増えている。

#### 【0064】

次に、画素のスポットサイズ縮小することで、どのように解像度の劣化を防ぐことができるかを、模式図を使用して簡潔に説明する。

#### 【0065】

図10に示すように、拡大されたDMD50の画素スポットA1はマイクロレンズアレイ76で縮小されると、露光面上で縮小されて画像スポットB1となり、スポットの重なりが改善され、解像度が向上する。

#### 【0066】

例えば、図11に示すように、10  $\mu\text{m}$ の画素スポットA1で主走査方向へ5  $\mu\text{m}$ 毎露光すると、画素スポットA1は5  $\mu\text{m}$ だけ主走査方向へ引きずられるので、主走査方向から見えた光エネルギーは台形状の分布となる。

#### 【0067】

また、図12(A)に示すように、画素スポットA1を同一の画像データで5回多重露光すると、ドットの光エネルギー分布は副走査方向から見て階段状となる。この後、主走査方向へ5回多重露光していくと、図12(B)に示すように、副走査方向へ5  $\mu\text{m}$ 離れた位置へドットが形成され、光エネルギー分布は小刻みな階段状となる。

#### 【0068】

一方、図13に示すように、マイクロレンズアレイ76で縮小して露光面上で画像スポットB1とすると、画素スポットB1は5  $\mu\text{m}$ だけ主走査方向へ引きずられるので、主走査方向から見えた光エネルギーは三角形状の分布となる。

#### 【0069】

また、図14(A)に示すように、画素スポットB1を同一の画像データで5回多重露光すると、ドットの光エネルギー分布は副走査方向から見て階段状となるが、図12(A)と比較すると、副走査方向の幅が狭くなっている。この後、主走査方向へ5回多重露光していくと、図14(B)に示すように、副走査方向へ5  $\mu\text{m}$ 離れた位置へドットが形成され、階段状の光エネルギー分布の幅は広がっているが、図12(B)と比較するとそれは広がりは大きくなない。

#### 【0070】

すなわち、画素スポットのサイズを1/2とすることで、露光サイズが小さくなると同時に、端部での光量キレが良好となり、空間周波数特性が高くなっている。

#### 【0071】

なお、本実施形態では、空間光変調素子としてDMDを用いたが、例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) タイプの空間光変調素子 (SLM: Special Light Modulator) や、電気光学効果により透過光を変調する光学素子 (PLZT素子) や液晶光シャッタ (FLC) 等を使用することもできる。

#### 【0072】

また、ステージを移動する構成で説明したが、露光ヘッドを走査するようにしてもよく、1ライン走査でなく、露光ヘッドを主走査・副走査方向に移動する構成でも構わない。

#### 【0073】

##### 【発明の効果】

本発明の露光ヘッド及び露光装置は、空間光変調素子を備えているが、この空間光変調素子の変調速度を速くして、高速露光を行うことができる、という効果を奏する。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る露光装置の外観を示す斜視図である。

【図2】本実施形態に係る露光装置のスキャナの構成を示す斜視図である。

10

20

30

40

光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図である。

【図4】露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った副走査方向の断面図である。

【図5】デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)の構成を示す部分拡大図である。

【図6】(A)及び(B)はDMDの動作を説明するための説明図である。

【図7】本実施形態に係る露光装置の性能である分解能、多重露光回数等を記載した表である。

【図8】本実施形態に係る露光装置の性能である分解能、多重露光回数等を記載した表である。

【図9】DMDを傾斜配置した場合の走査ピッチ、ドット形状を平面的に見た模式図である。  
10

【図10】画素スポットをマイクロレンズアレイで縮小した状態を示す平面図である。

【図11】多重露光された画素スポットを主走査方向から見た概念図である。

【図12】多重露光された画素スポットを副走査方向から見た概念図である。

【図13】多重露光された縮小画素スポットを主走査方向から見た概念図である。

【図14】多重露光された縮小画素スポットを副走査方向から見た概念図である。

【図15】従来の露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った副走査方向の断面図である。

【図16】DMDを傾斜配置しない場合の露光ビームの配置及び走査線を示す平面図である。  
20

【図17】DMDを傾斜配置した場合の露光ビームの配置及び走査線を示す平面図である。

【符号の説明】

50 DMD(空間光変調素子)

72 レンズ系

74 レンズ系

76 マイクロレンズアレイ

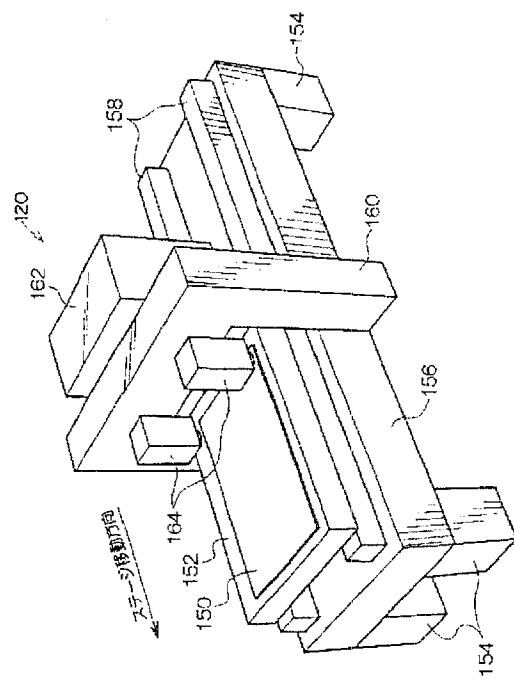
78 アバーチャー

80 レンズ系

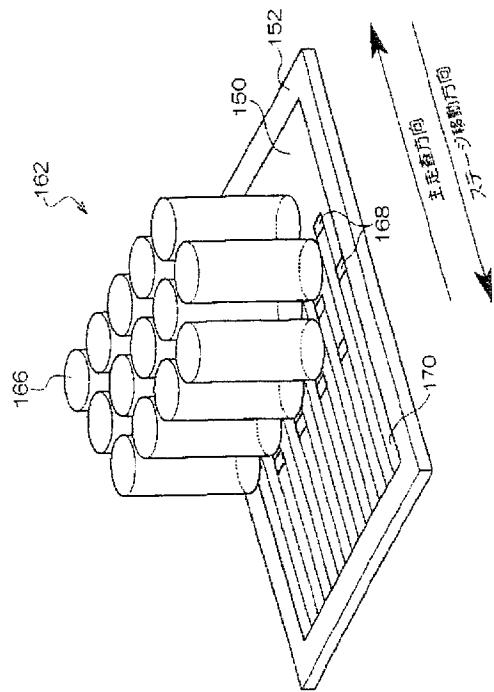
82 レンズ系

166 露光ヘッド

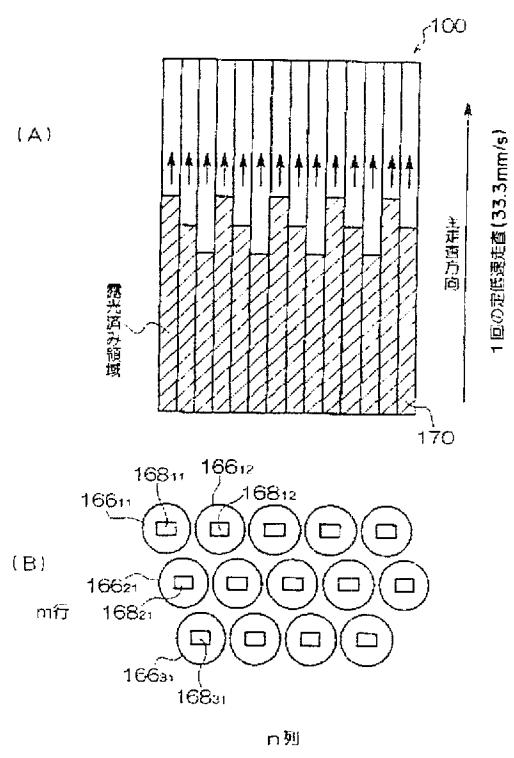
【図 1】



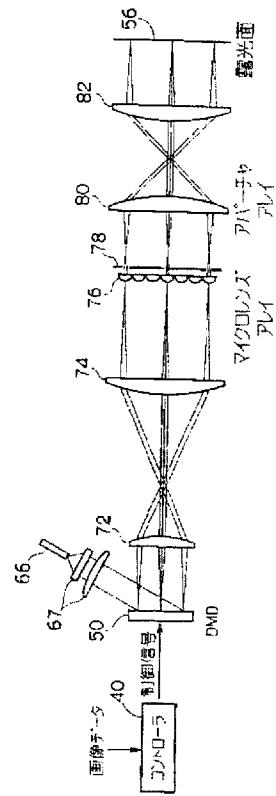
【図 2】



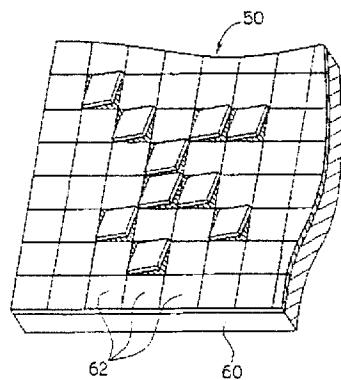
【図 3】



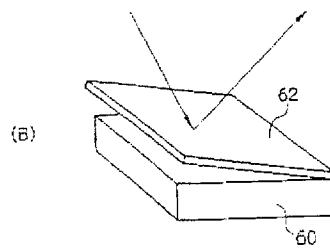
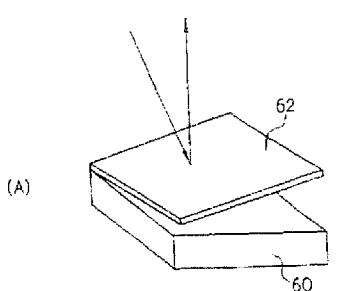
【図 4】



【図5】



【図6】



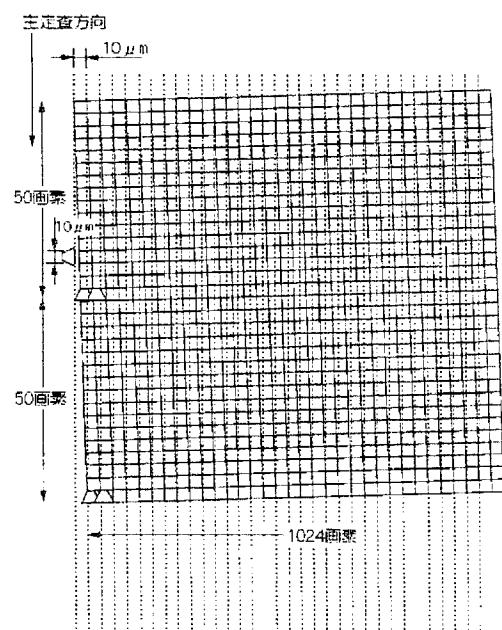
【図7】

DMD最大走査長		1	1.09489	2.19	4.38	35.0
露光性能	主走査長	mm	500	500	500	500
露光速度	主方向ドットピッチ (μm)	mm	500	500	500	500
	副方向ドットピッチ (μm)	μm	2.5	2.5	2.5	2.5
	スホットサイズ	μm	2.5	2.5	2.5	2.5
露光時間	スホットサイズ	μm	10	10	10	10
必要速度	必要露光時間	μm/sec	15	15	15	15
	必要露光時間	μm/sec	33.3	33.3	33.3	33.3
露光系	DMD仕様	μm/sec	75.0	75.0	75.0	75.0
	DMD動画露光回数 (n)	μm	1024	1024	1024	1024
	DMD主走査長 (m)	μm	768	768	768	768
露光面上	全画面露光時間	μm/sec	100	100	100	100
	DMD画面表示ピッチ	μm	13.1	13.1	13.1	13.1
露光面上	必要露光時間	μm/sec	576	576	576	576
露光系	部分露光時間	μ sec	75	75	75	75
	DMD仕様	rad	0.00174	0.00174	0.00174	0.00174
露光面上	DMD多露光回数 (n)	μm	1024	1024	1024	1024
露光面上	画素幅小率	μm	95.0	95.0	95.0	95.0
露光面上	DMDの数	μm	0.12983	0.66667	0.33333	0.16667
露光面上	動作速度 (mm/min)	mm	35.6	32.6	16.3	8.1
露光面上	画素表示ピッチ (R)	μm	14.0	15.4	30.7	61.4
露光面上	画素表示ピッチ (S)	μm	13.7	15.0	30.0	60.0
露光面上	スホットサイズ	μm	10	10	10	10

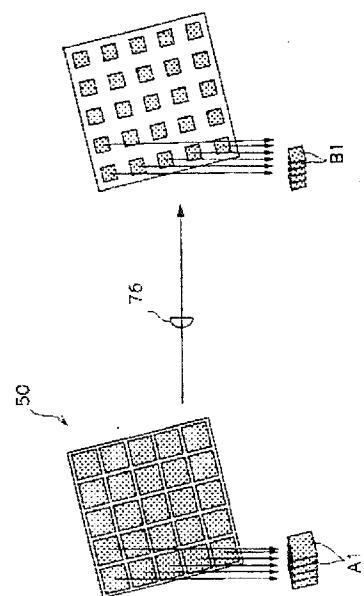
【図8】

DMD最大走査長		1	1.09489	2.19	4.38	35.0
露光性能	主走査長	mm	500	500	500	500
露光速度	主方向ドットピッチ (μm)	mm	500	500	500	500
	副方向ドットピッチ (μm)	μm	2.5	2.5	2.5	2.5
	スホットサイズ	μm	5	5	5	5
露光時間	スホットサイズ	μm	10	10	10	10
必要速度	必要露光時間	μm/sec	15	15	15	15
	必要露光時間	μm/sec	33.3	33.3	33.3	33.3
露光系	DMD仕様	μm/sec	75.0	75.0	75.0	75.0
	DMD動画露光回数 (n)	μm	1024	1024	1024	1024
露光面上	DMD主走査長 (m)	μm	768	768	768	768
露光面上	全画面露光時間	μm/sec	100	100	100	100
露光面上	DMD画面表示ピッチ	μm	13.1	13.1	13.1	13.1
露光面上	必要露光時間	μm/sec	576	576	576	576
露光系	部分露光時間	μ sec	75	75	75	75
	DMD仕様	rad	0.00174	0.00174	0.00174	0.00174
露光面上	DMD多露光回数 (n)	μm	210.2	192.0	96.0	48.0
露光面上	画素幅小率	μm	0.12983	0.66667	0.33333	0.16667
露光面上	DMDの数	μm	35.6	32.6	16.3	8.1
露光面上	動作速度 (mm/min)	mm	14.0	15.4	30.7	61.4
露光面上	画素表示ピッチ (R)	μm	13.7	15.0	30.0	60.0
露光面上	スホットサイズ	μm	10	10	10	10

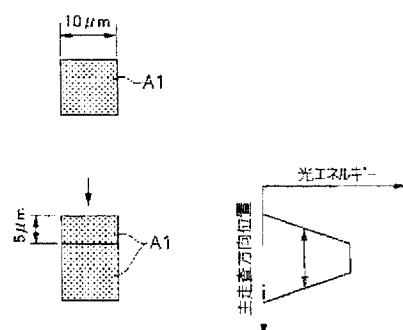
【図9】



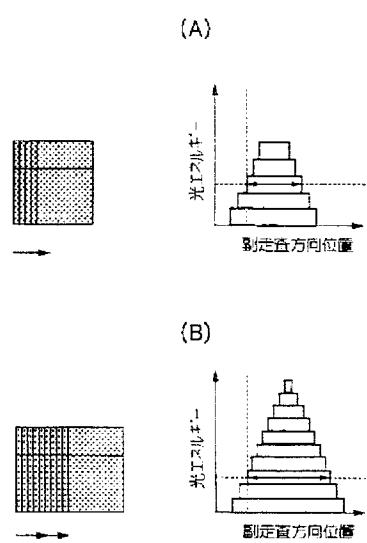
【図10】



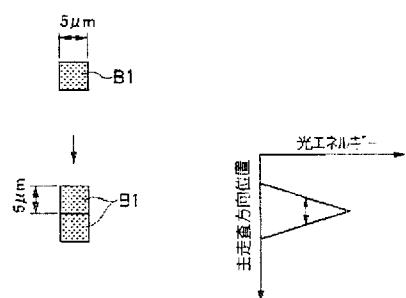
【図11】



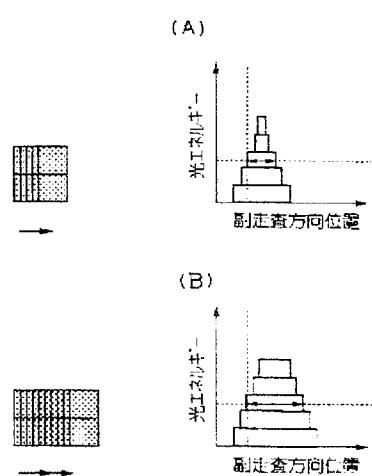
【図12】



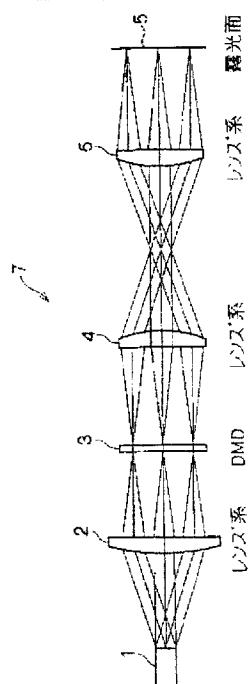
【図13】



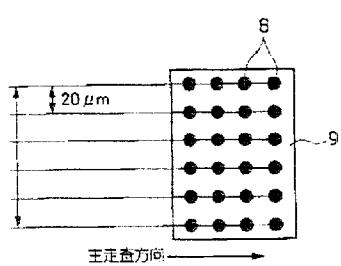
【図14】



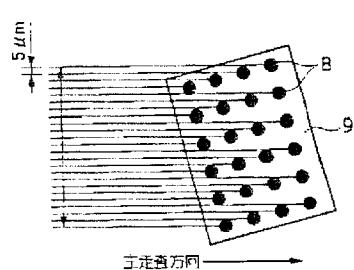
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

(72)発明者 永野 和彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

(72)発明者 石川 弘美

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

(72)発明者 藤井 武

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

F ターム(参考) 2H097 AA02 BA10 CA06 CA17 LA20

5F046 BA07 CB27